

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-268308

(43)公開日 平成10年(1998)10月9日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
G 0 2 F 1/1335	5 3 0	G 0 2 F 1/1335 5 3 0
F 2 1 V 8/00	6 0 1	F 2 1 V 8/00 6 0 1 A
G 0 9 F 9/00	3 3 6	G 0 9 F 9/00 3 3 6 B

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平9-78233

(22)出願日 平成9年(1997)3月28日

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 澤山 豊

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

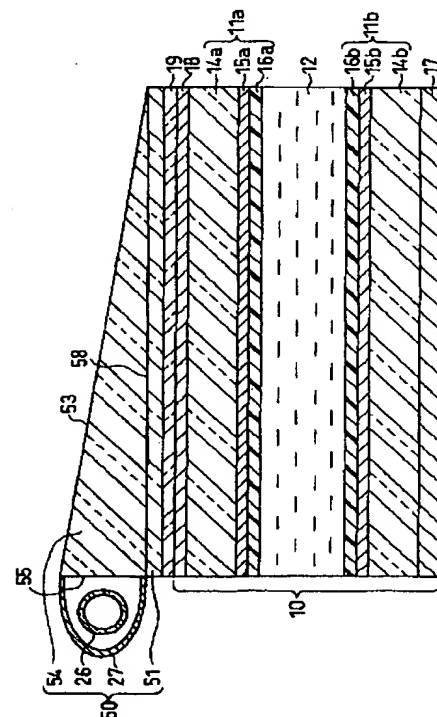
(74)代理人 弁理士 原 謙三

(54)【発明の名称】 前方照明装置およびこれを備えた反射型液晶表示装置

(57)【要約】

【課題】 反射型LCD等の前面に配置され、周囲光が十分でない場合に補助的に使用される前方照明装置において、光源光の利用効率を向上させる。

【解決手段】 フロントライトシステム50は、光源26からの光を取り込む入射面55を持つ楔型の導光体54と、導光体54の界面58から出射する光を散乱させる異方性散乱板51とを備え、液晶セル10への入射光を、この液晶セル10の表面に対して垂直に近い角度で入射させる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】光源および上記光源の光を被照明物へ導く導光体を備え、被照明物の前方に配置されて使用される前方照明装置において、

上記導光体が、光源からの光を入射する入射面を備えた第 1 の導光体と、被照明物へ光を出射する出射面を備えた第 2 の導光体とを含み、

上記第 1 の導光体が、入射面から入射した光を第 2 の導光体へ導き、

上記第 2 の導光体が、第 1 の導光体から導かれた光を透過させつつ、上記第 1 の出射面からの出射光に比べ、第 1 の出射面の法線方向に近い方向に光を出射することを特徴とする前方照明装置。

【請求項 2】上記第 2 の導光体が、光を散乱させる光散乱体であることを特徴とする請求項 1 記載の前方照明装置。

【請求項 3】上記光散乱体が、前方散乱体であることを特徴とする請求項 2 記載の前方照明装置。

【請求項 4】上記光散乱体が、所定の角度範囲から入射した光のみを散乱する異方性散乱体であり、第 1 の導光体からの出射光が第 2 の導光体へ入射する角度範囲の少なくとも一部が、上記所定の角度範囲に含まれることを特徴とする請求項 2 記載の前方照明装置。

【請求項 5】上記第 2 の導光体が、光を回折させる回折素子であることを特徴とする請求項 1 記載の前方照明装置。

【請求項 6】上記回折素子が、所定の角度範囲から入射した光のみを回折し、導光体からの出射光が回折素子へ入射する角度範囲の少なくとも一部が、上記所定の角度範囲に含まれることを特徴とする請求項 5 記載の前方照明装置。

【請求項 7】上記回折素子がホログラムであることを特徴とする請求項 5 記載の前方照明装置。

【請求項 8】光源と入射面との間に、光源からの光の広がり制限する光制御手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 記載の前方照明装置。

【請求項 9】第 1 の導光体と第 2 の導光体との間に、これらの導光体の間に存在する光学的界面での屈折率差を緩和する充填剤が満たされていることを特徴とする請求項 1 記載の前方照明装置。

【請求項 10】光源からの光を、第 1 の導光体の入射面のみへ集光する集光手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 記載の前方照明装置。

【請求項 11】光源および導光体を備え、被照明物の前方に配置されて使用される前方照明装置において、上記導光体が、光源から光を入射する入射面と、被照明物へ向けて光を出射する第 1 の出射面と、上記第 1 の出射面に対向する第 2 の出射面を含む多面体であり、上記第 1 および第 2 の出射面が、入射面から遠ざかるほど間隔が狭くなるように配置されていることを特徴とす

る前方照明装置。

【請求項 12】上記第 1 の出射面に対する第 2 の出射面の傾斜角を  $\alpha$ 、第 2 の出射面の臨界角を  $\theta_c$  とすると、下記の不等式が満たされることを特徴とする請求項 11 記載の前方照明装置。

$$\alpha \leq 90^\circ - \theta_c$$

【請求項 13】上記第 1 の出射面に対する第 2 の出射面の傾斜角が  $40^\circ$  以下に形成されていることを特徴とする請求項 11 記載の前方照明装置。

10 【請求項 14】光源と入射面との間に、光源からの光の広がりを制限する光制御手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 11 記載の前方照明装置。

【請求項 15】光源からの光を、導光体の入射面のみへ集光する集光手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 11 記載の前方照明装置。

20 【請求項 16】上記導光体を第 1 の導光体とすると、上記第 1 の導光体の第 1 の出射面の外側に、上記第 1 の出射面からの出射光を透過させつつ、上記第 1 の出射面からの出射光に比べ、第 1 の出射面の法線方向に近い方向に光を出射する第 2 の導光体をさらに備えたことを特徴とする請求項 11 記載の前方照明装置。

【請求項 17】反射板を有する反射型液晶素子を備えると共に、上記反射型液晶素子の前面に、請求項 1 記載の前方照明装置が配置されたことを特徴とする反射型液晶表示装置。

30 【請求項 18】反射板を有する反射型液晶素子を備えると共に、上記反射型液晶素子の前面に、請求項 11 記載の前方照明装置が配置されたことを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項 19】上記前方照明装置が備える導光体にて、第 1 の出射面に対する第 2 の出射面の傾斜角が  $10^\circ$  以下に形成されていることを特徴とする請求項 18 記載の反射型液晶表示装置。

40 【請求項 20】反射板を有する反射型液晶素子を備えると共に、上記反射型液晶素子の前面に、請求項 16 記載の前方照明装置が配置されたことを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項 21】反射型液晶素子と前方照明装置との間に、上記反射型液晶素子と前方照明装置との間に存在する光学的界面での屈折率差を緩和する充填剤が満たされていることを特徴とする請求項 17 ないし 20 のいずれか一つに記載の反射型液晶表示装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

50 【発明の属する技術分野】本発明は、被照明物と観察者との間に配置されて使用され、被照明物に光を照射すると共に、被照明物からの反射光を観察者が視認できるよ

うに該反射光を透過させるべく構成された前方照明装置と、この前方照明装置を補助光源として備えた反射型液晶表示装置に関するものである。

#### 【0002】

【従来の技術】液晶表示装置は、CRT(Cathode Ray Tube)、PDP(Plasma Display Panel)、あるいはEL(Electro Luminescence)といった他のディスプレイとは異なり、液晶そのものは発光せずに、特定の光源からの光の透過光量を調節することによって文字や画像を表示する。

【0003】従来の液晶表示装置(以下、LCD:Liquid Crystal Displayと称する)は、透過型LCDと、反射型LCDとに大別することが可能である。透過型LCDは、液晶セルの背面に、光源(バックライト)としての、蛍光管やEL等の面発光光源が配置される。

【0004】一方、反射型LCDは、周囲光を利用して表示を行うため、バックライトを必要とせず、消費電力が少ないという利点がある。さらに、直射日光の当たるような非常に明るい場所では、発光型ディスプレイや透過型LCDは表示がほとんど見えなくなるのに対し、反射型LCDではより鮮明に見える。このため、反射型LCDは、近年益々需要が高まっている携帯情報端末やモバイルコンピュータに適用されている。

【0005】ただし、反射型LCDは、以下のような問題点を有している。つまり、反射型LCDは周囲光を利用するので、表示輝度が周辺環境へ依存する度合いが非常に高く、特に、夜間などの暗闇では、表示が全く認識できないこともある。特に、カラー化のためにカラーフィルタを用いた反射型LCDや、偏光板を用いた反射型LCDにおいて、上述の問題は大きく、十分な周囲光が得られない場合に備えて補助照明が必要となる。

【0006】しかし、反射型LCDは液晶セルの背面に反射板が設置されており、透過型LCDのようなバックライトを用いることはできない。反射板としてハーフミラーを用いた半透過型LCDと呼ばれる装置も提案されているが、その表示特性は透過型とも反射型ともいえない中途半端なものとなり、実用化は難しいと考えられる。

【0007】そこで、周囲が暗い場合の反射型LCDの補助照明として、液晶セルの前面に配置するためのフロントライトシステムが、従来から提案されている。このフロントライトシステムは、一般的に、導光体と、導光体の側面に配置された光源とを備える。導光体側面から入射した光源光は導光体内部を進行し、導光体表面につくられた形状で反射して液晶セル側へ出射する。出射した光は、液晶セルを透過しながら表示情報に応じて調光され、液晶セルの背面側に配置された反射板で反射されることによって、再び導光体を透過して観察者側へ出射される。これにより、観察者は、周囲光量が不十分などときでも、表示の認識が可能となる。

【0008】なお、このようなフロントライトは、例えば特開平5-158034号公報、SID DIGEST P.375(1995)等に開示されている。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】ここで、SID DIGEST P.375(1995)に開示されたフロントライトシステムの動作原理について、図20を参照しながら簡単に説明する。上記フロントライトシステムにおいて、平坦部101aおよび傾斜部101bから形成される界面101を有する導光体104の一方の側面を、光源106からの光が入射する入射面105とする。すなわち、光源106は、導光体104の入射面105に対向する位置に配置されている。

【0010】光源106から入射面105を通過して導光体104に入射した光のうち、あるものは直進し、あるものは導光体104とその周辺媒質との界面101・108に入射する。このとき、導光体104の周辺媒質が空気であるものとし、導光体104の屈折率が1.5程度であるとする、スネルの法則(式1)から、界面101・108に対する入射角が約41.8°以上の光は、界面101・108で全反射することが分かる。

#### 【0011】

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$$

$$\theta_c = \arcsin(n_2/n_1) \quad \dots (式1)$$

ただし、 $n_1$ は第1の媒質(ここでは導光体104)の屈折率、

$n_2$ は第2の媒質(ここでは空気)の屈折率、

$\theta_1$ は導光体104から界面101への入射角、

$\theta_2$ は界面101から第2の媒質への出射角、

$\theta_c$ は臨界角、である。

【0012】界面101・108に入射した光の中で、反射面である傾斜部101bで全反射した光と、界面108で全反射した後、界面101の傾斜部101bで反射した光は、液晶セル110に入射する。液晶セル110に入射した光は、図示しない液晶層により調光された後、液晶セル110の背面に設けられた反射板111により反射され、導光体104に再び入射して平坦部101aを透過し、観察者109側へ出射される。

【0013】また、光源106から入射面105を通り、傾斜部101bではなく平坦部101aに入射した光は、界面101と界面108との間で、傾斜部101bに到達するまで全反射を繰り返しつつ伝搬する。なお、観察者109側から見た傾斜部101bの面積は、平坦部101aの面積に比べて、十分に小さく形成されている。

【0014】上記従来のフロントライトシステムは、以下の問題を有する。

(1) 図21に示すように、全反射を繰り返しても傾斜部101bに到達できない光や、入射面105に対してほぼ垂直に入射した光は、入射面105に対向する面1

## 5

07から導光体104の外へ出射する光114となり、表示に利用され得ない。なお、この問題は、パネルサイズが小さい場合ほど顕著であり、特に、携帯情報端末等に通常使用されるサイズ(5~6型)では、光源光の大半が導光体外部へ出射してしまい、光の利用効率が非常に悪い。

(2) 傾斜部101bと平坦部101aとから構成される界面101の形状は、ちょうどプリズムシートの頂点を平らにした形状に似ており、図21に示すように、周囲光115が観察者109側へ反射され易く、表示品位の低下につながる。

【0015】これらの問題は、従来のフロントライトシステムの大半に共通しており、光源光の利用効率の向上が望まれている。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、請求項1記載の前方照明装置は、光源および上記光源の光を被照明物へ導く導光体を備え、被照明物の前方に配置されて使用される前方照明装置において、上記導光体が、光源からの光を入射する入射面を備えた第1の導光体と、被照明物へ光を出射する出射面を備えた第2の導光体とを含み、上記第1の導光体が、入射面から入射した光を第2の導光体へ導き、上記第2の導光体が、第1の導光体から導かれた光を透過させつつ、上記第1の出射面からの出射光に比べ、第1の出射面の法線方向に近い方向に光を出射することを特徴とする。

【0017】本発明に係る前方照明装置は、第1の導光体の入射面から取り込んだ光源光を、第2の導光体の出射面から被照明物へ照射するようになっており、被照明物の前方に配置されて使用されるものである。すなわち、被照明物へ照射された光が被照明物で反射し、前方照明装置を透過して、前方照明装置に対して被照明物の反対側に位置する観察者に到達することにより、観察者は被照明物の像を見ることができる。

【0018】上記の構成は、第2の導光体が、第1の導光体から導かれた光を透過させつつ上記出射面の法線方向の成分を増加させることにより、出射面からの光の出射方向を、この出射面の法線方向に近づけることができる。これにより、被照明物へ照射した光の反射光が出射面に戻り易くなるので、前方照明装置に対して被照明物の反対側に位置する観察者に到達する反射光の量が多くなる。この結果、光源光の利用効率が高く、明るい前方照明装置を提供することが可能となる。また、上記第2の導光体が前方照明装置からの光の出射方向を第1の出射面の法線方向に近づけることにより、反射モード(前方照明装置を使用しない場合)において観察者が表示確認を行う視角範囲と、前方照明装置を用いた場合の観察者の視角範囲とが、おおむね一致するという利点もある。

【0019】請求項2記載の前方照明装置は、請求項1

## 6

記載の構成において、第2の導光体が、光を散乱させる光散乱体であることを特徴とする。

【0020】上記の構成によれば、前方照明装置からの光の出射方向を、出射面の法線方向に近づけることができると共に、散乱光によって被照明物をむらなく照明することができる。この結果、光源光を無駄なく照明に利用することができ、より明るく、むらのない鮮明な被照明物像を実現する前方照明装置を提供できる。

10 【0021】請求項3記載の前方照明装置は、請求項2記載の構成において、光散乱体が、前方散乱体であることを特徴とする。

20 【0022】上記の構成によれば、第2の導光体としての光散乱体が、第1の導光体から入射した光を、この光の進行方向側へのみ散乱させる前方散乱体であることにより、第1の導光体から入射した光の後方散乱がなくなる。これにより、光の利用効率がさらに向上すると共に、後方散乱光によって被照明物の像が劣化することが防止される。この結果、明るく、且つ、被照明物の鮮明な像を実現する前方照明装置を提供することが可能となる。

【0023】請求項4記載の前方照明装置は、請求項2記載の構成において、光散乱体が、所定の角度範囲から入射した光のみを散乱する異方性散乱体であり、第1の導光体からの出射光が第2の導光体へ入射する角度範囲の少なくとも一部が、上記所定の角度範囲に含まれることを特徴とする。

30 【0024】上記の構成によれば、例えば観察者の方向へ出力する光など、上記所定の角度範囲以外の入射光には、上記の異方性散乱体は作用しないので、不要な散乱光によって被照明物の像が劣化することが防止される。また、第2の導光体としての光散乱体が散乱させる入射光の角度範囲に、第1の導光体からの出射光が入射することにより、第1の導光体からの入射光を効率的に散乱させることができ、光の利用効率がさらに向上する。この結果、明るく、且つ、被照明物の鮮明な像を実現する前方照明装置を提供することが可能となる。

【0025】請求項5記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、第2の導光体が、光を回折させる回折素子であることを特徴とする。

40 【0026】請求項6記載の前方照明装置は、請求項5記載の構成において、上記回折素子が、所定の角度範囲から入射した光のみを回折し、導光体からの出射光が回折素子へ入射する角度範囲の少なくとも一部が、上記所定の角度範囲に含まれることを特徴とする。

50 【0027】上記の構成によれば、例えば観察者の方向へ出力する光など、上記所定の角度範囲以外の入射光には、上記の回折素子は作用しないので、不要な回折光によって被照明物の像が劣化することが防止される。また、第2の導光体としての回折素子が回折する入射光の角度範囲に、第1の導光体からの出射光が入射すること

により、第1の導光体からの出射光を効率的に回折させることができ、光の利用効率がさらに向上する。この結果、明るく、且つ、被照明物の鮮明な像を実現する前方照明装置を提供することが可能となる。

【0028】請求項7記載の前方照明装置は、請求項5記載の構成において、上記回折素子がホログラムであることを特徴とする。

【0029】ホログラムは、異方性散乱板等と比較して、出力光を特定の角度範囲に精度よく制御することが容易である。これにより、第2の導光体としてホログラムを用いることにより、第1の導光体からの光の出射方向を、所望の角度範囲に精度良く制御することができ、指向性の優れた前方照明装置を提供することが可能となる。

【0030】請求項8記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、光源と入射面との間に、光源からの光の広がり制限する光制御手段をさらに備えたことを特徴とする。

【0031】光源からの光は、第1の導光体にて導かれることにより、第2の導光体へ入射するが、第1の導光体と外部媒質との界面から導光体外部へ漏れる成分を少なくするためには、光源からの光にある程度の指向性を持たせ、光源からの光が上記界面へ臨界角よりも小さい角度で入射する成分を少なくすることが好ましい。このため、上記の構成は、光源からの光の広がり制限する光制御手段を備えたことにより、導光体外部への漏れ光が少なくなり、光の利用効率がさらに向上すると共に、被照明物の像のにじみやボケが防止される。この結果、明るく且つ鮮明な被照明物像を実現する前方照明装置を提供することが可能となる。

【0032】請求項9記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、第1の導光体と第2の導光体との間に、これらの導光体の間に存在する光学的界面での屈折率差を緩和する充填剤が満たされていることを特徴とする。

【0033】上記の構成によれば、第1の導光体と第2の導光体との間に空気層が存在する場合と比較して、第1の導光体と第2の導光体との間に存在する光学的界面での反射による光の減衰が抑制される。この結果、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい前方照明装置が実現される。なお、第1の導光体および第2の導光体の少なくとも一方の屈折率と、充填剤の屈折率とを等しくすれば、第1の導光体と第2の導光体との間の光学的界面の数を減らすことができるので、より効果的である。

【0034】請求項10記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、光源からの光を、第1の導光体の入射面のみへ集光する集光手段をさらに備えたことを特徴とする。

【0035】上記の構成によれば、光源光の損失をさら

に少なくできるので、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい前方照明装置が実現される。また、意図しない方向から第2の導光体等へ入射する光を少なくすることができるので、迷光の発生が防止され、鮮明な被照明物像を実現する前方照明装置を提供することが可能となる。

【0036】請求項11記載の前方照明装置は、光源および導光体を備え、被照明物の前方に配置されて使用される前方照明装置において、上記導光体が、光源から光を入射する入射面と、被照明物へ向けて光を出射する第1の出射面と、上記第1の出射面に対向する第2の出射面を含む多面体であり、上記第1および第2の出射面が、入射面から遠ざかるほど間隔が狭くなるように配置されていることを特徴とする。

【0037】上記の構成によれば、第1および第2の出射面が入射面から遠ざかるほど間隔が狭くなるように、すなわち第1の出射面に対して第2の出射面が傾斜して配置されたことにより、入射面から第1の出射面に平行に入射した成分の少なくとも一部が、第2の出射面で反射して第1の出射面へ向かい、被照明物へ出射する光となる。つまり、第1の出射面に平行に入射した成分をも照射光として利用することが可能となるので、第1および第2の出射面が互いに平行に配置された構成と比較して、光源光の利用効率が向上する。この結果、明るい前方照明装置を提供することが可能となる。

【0038】請求項12記載の前方照明装置は、請求項11記載の構成において、上記第1の出射面に対する第2の出射面の傾斜角を $\alpha$ 、第2の出射面の臨界角を $\theta_c$ とすると、下記の不等式が満たされることを特徴とする。

$$\alpha \leq 90^\circ - \theta_c$$

【0039】上記の構成によれば、入射面から第1の出射面に平行に入射した成分が、第2の出射面にて全反射する。これにより、第2の出射面から観察者側へ漏れる光をなくすることができる。この結果、明るく、且つ鮮明な被照明物像を実現する前方照明装置を提供することが可能となる。

【0040】請求項13記載の前方照明装置は、請求項11記載の構成において、上記第1の出射面に対する第2の出射面の傾斜角が $40^\circ$ 以下に形成されていることを特徴とする。

【0041】請求項14記載の前方照明装置は、請求項11記載の構成において、光源と入射面との間に、光源からの光の広がり制限する光制御手段をさらに備えたことを特徴とする。

【0042】光源からの光のほとんどは第2の出射面にて反射するが、この第2の出射面にて全反射せずに導光体外部へ漏れる成分を少なくするためには、光源からの光にある程度の指向性を持たせて、第2の出射面へ臨界角よりも小さい角度で入射する成分を少なくすることが

好ましい。このため、上記の構成は、光源からの光の広がりや制限する光制御手段を備えたことにより、第2の出射面からの漏れ光が少なくなり、光の利用効率がさらに向上すると共に、被照明物の像のにじみやボケが防止される。この結果、明るく且つ鮮明な被照明物像を実現する前方照明装置を提供することが可能となる。

【0043】請求項15記載の前方照明装置は、請求項11記載の構成において、光源からの光を、導光体の入射面のみへ集光する集光手段をさらに備えたことを特徴とする。

【0044】上記の構成によれば、光源光の損失をさらに少なくできるので、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい前方照明装置が実現される。

【0045】請求項16記載の前方照明装置は、請求項11記載の構成において、上記導光体を第1の導光体とすると、上記第1の導光体の第1の出射面の外側に、上記第1の出射面からの出射光を透過させつつ、上記第1の出射面からの出射光に比べ、第1の出射面の法線方向に近い方向に光を出射する第2の導光体をさらに備えたことを特徴とする。

【0046】上記の構成は、第2の導光体が、第1の出射面からの出射光を透過させつつ第1の出射面の法線方向の成分を増加させることにより、被照明物への光の出射方向を、第1の出射面の法線方向に近づけることができる。これにより、被照明物へ照射した光の反射光が前方照明装置に戻り易くなるので、前方照明装置に対して被照明物の反対側に位置する観察者に到達する反射光の量が多くなる。この結果、光源光の利用効率が向上し、明るい前方照明装置を提供することが可能となる。また、上記第2の導光体が前方照明装置からの光の出射方向を第1の出射面の法線方向に近づけることにより、反射モード（前方照明装置を使用しない場合）において観察者が表示確認を行う視角範囲と、前方照明装置を用いた場合の観察者の視角範囲とが、おおむね一致するという利点もある。

【0047】請求項17記載の反射型液晶表示装置は、反射板を有する反射型液晶素子を備えると共に、上記反射型液晶素子の前面に、請求項1記載の前方照明装置が配置されたことを特徴とする。

【0048】上記の構成は、例えば日中の屋外等のように十分な周囲光量がある場合には、前方照明装置を消灯した状態で使用する一方、十分な周囲光量が得られないときには、前方照明装置を点灯して使用することができる。この結果、周囲環境に関わらず、常に明るくむらのない高品位な表示を実現し得る反射型液晶表示装置を提供することが可能となる。

【0049】請求項18記載の反射型液晶表示装置は、反射板を有する反射型液晶素子を備えると共に、上記反射型液晶素子の前面に請求項11記載の前方照明装置が配置されたことを特徴とする。

【0050】上記の構成は、例えば日中の屋外等のように十分な周囲光量がある場合には、前方照明装置を消灯した状態で使用する一方、十分な周囲光量が得られないときには、前方照明装置を点灯して使用することができる。この結果、周囲環境に関わらず、常に明るく高品位な表示を実現し得る反射型液晶表示装置を提供することが可能となる。

【0051】請求項19記載の反射型液晶表示装置は、請求項18記載の構成において、上記第1の出射面に対する第2の出射面の傾斜角が $10^\circ$ 以下に形成されていることを特徴とする。

【0052】上記の傾斜角が大きくなるほど、反射モード（前方照明装置を消灯した状態）において利用可能な周囲光の入射角の範囲が大幅に小さくなると共に、液晶素子からの反射光が、液晶素子の表面に平行な方向へ出射する成分が多くなる。このため、上記傾斜角の大きさを $10^\circ$ 以下とすることにより、周囲光を有効に利用し、明るい表示を得ることができる。

【0053】請求項20記載の反射型液晶表示装置は、反射板を有する反射型液晶素子を備えると共に、上記反射型液晶素子の前面に請求項16記載の前方照明装置が配置されたことを特徴とする。

【0054】上記の構成は、例えば日中の屋外等のように十分な周囲光量がある場合には、前方照明装置を消灯した状態で使用する一方、十分な周囲光量が得られないときには、前方照明装置を点灯して使用することができる。この結果、周囲環境に関わらず、常に明るく高品位な表示を実現し得る反射型液晶表示装置を提供することが可能となる。

【0055】請求項21記載の反射型液晶表示装置は、請求項17ないし20のいずれか一つに記載の構成において、反射型液晶素子と前方照明装置との間に、上記反射型液晶素子と前方照明装置との間に存在する光学的界面での屈折率差を緩和する充填剤が満たされていることを特徴とする。

【0056】上記の構成によれば、反射型液晶素子と前方照明装置との間に空気層が存在する場合と比較して、反射型液晶素子と前方照明装置との間に存在する光学的界面での反射による光の減衰が抑制される。この結果、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい表示が可能な反射型液晶表示装置が実現される。

【0057】

【発明の実施の形態】

【実施の形態1】本発明の実施の一形態について図1ないし図11に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0058】本実施の形態に係る反射型LCDは、図1に示すように、反射型液晶セル10の前面に、フロントライトシステム50（前方照明装置）を備えている。なお、液晶セル10（液晶素子）とフロントライトシステ

ム50との間には、後述する充填剤19が満たされている。

【0059】フロントライトシステム50は、導光体54（第1の導光体）、異方性散乱板51（第2の導光体）、光源26、および反射鏡27（集光手段）にて構成されている。光源26は、例えば蛍光管等の線状光源であり、導光体54の側面（入射面55）に沿って配置される。また、光源26からの光を上記入射面55のみへ集光させる反射鏡27（集光手段）は、入射面55と光源26とを完全に覆うように設けられている。

【0060】導光体54は、図1に示すように、液晶セル10側の界面58（第1の出射面）に対して、観察者側の界面53（第2の出射面）が傾いて配置されていることを特徴とする。言い換えれば、導光体54は、光源26の長手方向に垂直な断面における形状がほぼ三角形をなす楔型に形成されている。

【0061】導光体54において、界面58は入射面55に対して垂直に形成され、光源26からの光を液晶セル10側へ出射すると共に、液晶セル10からの反射光を入射する。一方、界面53は、光源26からの光を界面58へ向けて反射させると共に、液晶セル10からの反射光を観察者側へ出射する。

【0062】導光体54の界面58の外側に積層される異方性散乱板51は、液晶セル10へ垂直に入射する成分を増加させるために、導光体54から所定の角度範囲で出射する光のみを散乱させ、上記所定の角度範囲以外の光には何ら作用せずに透過させる。

【0063】導光体54は、例えばPMMA(polymethylmetacrylate)等を用いて射出成形により形成することができる。より具体的には、この実施形態に係る導光体54は、最も厚い部分の厚さ（すなわち入射面55の高さ）6mm、最も薄い部分の厚さ1mm、長さ60mm、幅110mmに形成されている。このとき、界面58に対する界面53の傾斜角は、約4.8°である。

【0064】次に、液晶セル10の構成およびその製造方法について説明する。液晶セル10は、図1に示すように、基本的に、一対の電極基板11a・11bが液晶層12を挟持した構成である。電極基板11aは、光透過性を有するガラス基板14a上に、透明電極15aが設けられ、この透明電極15aを覆うように液晶配向膜16aが形成されてなる。

【0065】上記ガラス基板14aは、例えばコーニング社製のガラス基板（商品名：7059）で実現される。透明電極15aは、例えばITO(Indium Tin Oxide)を材料とする。液晶配向膜16aは、例えば、日本合成ゴム社製の配向膜材料（商品名：AL-4552）を、透明電極15aが形成されたガラス基板14aの上にスピンコートで塗布し、配向処理としてラビング処理を施すことにより作成される。

【0066】電極基板11bも、上記電極基板11aと

同様に、ガラス基板14b、透明電極15b、および液晶配向膜16bを順次積層することにより作成される。なお、電極基板11a・11bに対し、必要に応じて絶縁膜等を形成しても良い。

【0067】電極基板11a・11bは、液晶配向膜16a・16bが対向するように、かつ、ラビング処理の方向が平行かつ逆向き（いわゆる反平行）になるように配置され、接着剤を用いて貼り合わされる。このとき、電極基板11a・11bの間には、粒径4.5μmのガラスビーズスペーサ（図示せず）が予め散布されたことにより、均一な間隔で空隙が形成されている。

【0068】この空隙に、真空脱気により液晶を導入することにより、液晶層12が形成される。なお、液晶層12の材料としては、例えばメルク社製の液晶材料（商品名：ZLI-3926）を用いることができる。なお、この液晶材料のΔnは0.2030である。ただし、液晶材料はこれに限られるものではなく、種々の液晶を用いることができる。

【0069】さらに、ガラス基板14bの外面に、反射板17として、ヘアーライン加工を施したアルミ板を、例えばエポキシ系の接着剤により接着すると共に、ガラス基板14aの外面に、液晶層12の液晶の配向方向と45°をなすように偏光軸が設定された偏光板18を設置する。なお、ガラス基板14aと偏光板18との間には、屈折率をマッチングさせる充填剤（図示せず）が満たされている。

【0070】以上の工程により、反射型の液晶セル10が製造される。この液晶セル10に、下記のとおりによりフロントライトシステム50を組み合わせることにより、前方照明装置付の反射型LCDが製造される。まず、液晶セル10の偏光板18上に、異方性散乱板51を積層する。このとき、偏光板18と異方性散乱板51の間は、これらの屈折率をマッチングさせる充填剤19で満たされる。

【0071】さらに、上記異方性散乱板51上に、導光体54を積層する。異方性散乱板51と導光体54との間も、これらの屈折率をマッチングさせる充填剤（図示せず）で満たされる。

【0072】このように、導光体54、異方性散乱板51、偏光板18、およびガラス基板14aのそれぞれの間に空隙に充填剤を導入することにより、導光体54からガラス基板14aまでの間に空気層が存在しない。これにより、導光体54からガラス基板14aまでの間に存在する光学的界面における屈折率差が緩和され、あるいは屈折率差がなくなり、光の干渉や上記光学的界面での反射による光の減衰や、上記光学的界面での反射光による表示品位の劣化などの問題が解決される。なお、充填剤としては、UV硬化性樹脂またはサリチル酸メチル等を用いることができる。

【0073】次に、導光体54の入射面55に対向する



ように、光源26として例えば蛍光管を設置し、これらを反射鏡27で囲む。なお、反射鏡27としては、例えばアルミテープ等を用いることができる。

【0074】以上の工程により、前方照明装置としてのフロントライトシステム50を備えた反射型LCDが完成する。この反射型LCDは、周囲光が不十分なときは、フロントライトシステム50を点灯した照明モードで使用し、十分な周囲光が得られるときは、フロントライトシステム50を消灯した反射モードで使用する

ことができる。これにより、周囲環境によらず常に安定した表示が可能な反射型LCDを提供できる。

【0075】上記反射型LCDにおいて、導光体54は、ガラス基板14aとほぼ等しい屈折率を有すると共に、前述のように、導光体54とガラス基板14aとの間に空隙部（空気層）が存在しない。これにより、上記反射型LCDは、フロントライトシステム50を消灯した反射モードで使用される場合でも、導光体54が表示に悪影響を与えることはない。

【0076】なお、導光体54において、界面58に対する界面53の傾斜角は、 $40^\circ$ 以下とすることが好ましい。その理由を以下に説明する。図2に示すように、光源26からの光は、入射面55を通り、導光体54へ入射する。ここで、簡単化のために、入射面55から導光体54へ入射する光が完全な平行光であると考え

と、入射した光は全て界面53へ入射する。

【0077】界面53への入射光は、その入射角が界面53の臨界面より小さければ界面53から出射する。逆に、入射角が上記臨界面よりも大きければ界面53にて全反射する。

【0078】本実施形態のフロントライトシステム50では、界面53にて全反射する光を液晶セル10の照明に利用するので、入射光のすべてが界面53で全反射することが好ましい。ここで、図2に示すように、界面58に対する界面53の傾斜角を $\alpha$ とすると、入射面55から界面53へ入射する光の入射角 $\theta_2$ は、

$$\theta_2 = 90^\circ - \alpha$$

で表される。

【0079】また、導光体54をアクリル系高分子により形成する場合、その屈折率は概ね1.5程度である。なお、一般に無色透明な有機系高分子材料の屈折率は1.4～1.7程度である。このことから、導光体54の臨界面は $50^\circ$ よりも大きくなることはないと考えられる。従って、上記の $\theta_2$ が $50^\circ$ よりも小さくならないようにするためには、 $\alpha$ の値は $40^\circ$ 以下であることが好ましいことが導かれる。

【0080】以上のように、界面58に対する界面53

$$\theta_{11} = \arcsin[n_1 \cdot \sin\{\arcsin\{\sin(\theta_3 - \alpha)/n_1 + 2\alpha\}\}]$$

【0087】このように、フロントライトシステム50を液晶セル10の前面に配置したことにより、入射光と

の傾斜角 $\alpha$ を $40^\circ$ 以下に形成することにより、入射面55から垂直入射する成分のすべてが界面53で全反射するので、界面53から観察者側へ漏れる光を減少させることができる。この結果、光源光の利用効率が向上すると共に、界面53からの漏れ光による表示品位の低下を防止することができる。

【0081】さらに、フロントライトシステム50を点灯しない反射モードで本実施形態の反射型LCDを使用する場合を考慮すれば、界面58に対する界面53の傾斜角 $\alpha$ を $10^\circ$ 以下に形成することが好ましい。この理由を以下に説明する。

【0082】まず、比較のために、液晶セル10単体へ入射した場合の周囲光の挙動を、図3に基づいて説明する。図3に示すように、周囲光が液晶セル10へ直接入射する場合を想定すると、周囲光は、液晶セル10の表面10aへ入射角 $\theta_3$ で入射して出射角 $\theta_4$ で液晶セル10の内部へ進行し、液晶セル10の底面に設けられた反射板17により反射され、再度、表面10aへ入射して屈折することにより、出射角 $\theta_5$ で出射する。このとき、上記の $\theta_3 \sim \theta_5$ の角度は、液晶セル10の屈折率を $n_1$ とすると、次のように表される。

【0083】

$$\theta_4 = \arcsin((\sin \theta_3) / n_1)$$

$$\theta_5 = \arcsin(n_1 \times \sin \theta_4)$$

これにより、 $\theta_3 = \theta_5$ が導かれる。

【0084】これに対し、図4に示すように、本実施形態の反射型LCDでは、液晶セル10の前面にフロントライトシステム50が配置されたことにより、反射型LCDの表面、すなわち導光体54の界面53への周囲光の入射角 $\theta_6$ 、および界面53からの出射角 $\theta_7$ 、反射板17への入射角（反射角） $\theta_8$ 、再度界面53へ入射したときの入射角 $\theta_9$ 、界面53からの出射角 $\theta_{10}$ は、それぞれ以下のように表される。なお、ここでは、上記周囲光は、上記と同様に、反射板17の法線に対する角度 $\theta_3$ で入射するものとする。

$$\theta_6 = \theta_3 - \alpha$$

$$\theta_7 = \arcsin((\sin \theta_6) / n_1)$$

$$\theta_8 = \theta_7 + \alpha$$

$$\theta_9 = \theta_8 + \alpha$$

$$\theta_{10} = \arcsin(n_1 \times \sin \theta_9)$$

ここで、界面53からの出射光の、反射板17の法線に対する角度を $\theta_{11}$ とすると、 $\theta_{11}$ は次式のとおりに表される。

【0086】

【数1】

出射光との角度の関係が、液晶セル10単体の場合とは異なることが分かる。特に、界面58に対する界面53



の傾斜角 $\alpha$ が大きい場合には、図5に示すように、導光体54の界面53で反射し、迷光となる成分が発生し易くなり、好ましくない。

【0088】ここで、上記の数1を用いて、屈折率 $n_1$ を1.5とし、傾斜角 $\alpha$ を様々に変化させた場合の、界面53へ入射する周囲光の、反射板17の法線に対する角度 $\theta_3$ 、および、界面53からの出射光の、反射板17の法線に対する角度 $\theta_{11}$ のそれぞれの大きさを算出した結果を、図6に示す。なお、図6に示す $\theta_3$ は、図4において時計周り方向を正とし、反時計周り方向を負とした。また、 $\theta_{11}$ については、簡略化のために正負の区別を行っていない。

【0089】図6において、傾斜角 $\alpha$ の各値に対して $\theta_3$ のとり得る範囲を互いに比較することから明らかなように、傾斜角 $\alpha$ が大きくなるほど、反射モード（フロントライトシステム50を消灯した状態）において利用可能な周囲光の入射角の範囲が大幅に小さくなることが分かる。

【0090】また、図6において、傾斜角 $\alpha$ の各値に対する $\theta_{11}$ の最小値を比較することから明らかなように、傾斜角 $\alpha$ が大きくなるほど、出射角の最小値が大きくなることが分かる。これはすなわち、水平方向へ出射する成分が多くなり、反射板17の法線方向へ出射する成分が少なくなることの意味する。

【0091】通常、観察者は正面方向すなわち反射板17の法線方向から表示を見るので、 $\theta_{11} \leq 30^\circ$ の範囲に光を出射させることが好ましい。従って、図6から、傾斜角 $\alpha$ の値が、好ましくは $10^\circ$ 以下、さらに望ましくは $5^\circ$ 以下であれば、本実施形態の反射型LCDを反射モードで使用した場合に、反射板17の法線方向への出射光がより多くなり、明るい表示を得ることができる。

【0092】次に、第2の導光体としての異方性散乱板51の特性について説明する。異方性散乱板51は、導光体54からの入射光を、図7に示すように、その進行方向側へのみ散乱させる機能を有する前方散乱体であると共に、図8に示す所定の角度範囲（ $-10^\circ$ ないし $-70^\circ$ ）から入射した光のみを散乱させ、上記角度範囲以外からの入射光を完全に透過する特性も有する異方性散乱体でもある。このような条件を満たす材料として、例えば住友化学株式会社製の視角制御板（商品名：ルミスティー）等が、市販品として入手可能である。

【0093】異方性散乱板51が前方散乱体であることにより、液晶セル10にて調光される以前に後方散乱する成分、すなわち観察者方向へ散乱する成分を無くすることができ、表示品位の向上が図れる。なお、図7では、異方性散乱板51と充填剤19との界面から散乱光が出射する様子を模式的に示したが、実際には、異方性散乱板51は、導光体54からの出射光を透過させつつ散乱させる。

【0094】導光体54からの出射光の異方性散乱板51への入射角は約 $70^\circ$ であり、この入射角は、異方性散乱板51が光を散乱させる範囲（ $-10^\circ$ ないし $-70^\circ$ ）に含まれる。これにより、異方性散乱板51は、第1の導光体としての導光体54から導かれた光のみを散乱させ、それ以外の光に対しては何ら作用を及ぼさずに透過させる。これにより、反射モードで使用したときの周囲光や液晶セル10からの反射光は、異方性散乱板51をそのまま透過するので、異方性散乱板51が反射モードでの表示品位に悪影響を及ぼすような不都合がない。

【0095】ここで、フロントライトシステム50の照明光強度を測定した結果について説明する。なお、フロントライトシステム50の照明光強度を測定するために、図9に示すような測定系を用いた。つまり、異方性散乱板51の法線方向を $0^\circ$ とし、 $0^\circ$ から $\pm 90^\circ$ の範囲における光強度を、検出器34にて測定した。なお、この測定は、導光体54と等しい屈折率を有するマッチング剤で満たされた容器（例えばオイルバス等）内で行われた。

【0096】測定の結果を、図10に示す。図10から明らかなように、フロントライトシステム50は、異方性散乱板51を備えたことにより、導光体54からの出射光（異方性散乱板51への入射角が約 $70^\circ$ ）を、より垂直入射に近い光として液晶セル10へ照射することが可能である。

【0097】また、本実施形態の反射型LCDは、図8に示すように、異方性散乱板51の散乱角度範囲である $-10^\circ$ ないし $-70^\circ$ の方向から観察されることはほとんど無い。従って、通常に使用する範囲では、異方性散乱板51による光の散乱が、観察者から見た場合の、液晶セル10の表示像の見え方に影響を及ぼすことはない。

【0098】なお、本実施形態に係る反射型LCDは、透過型LCDやCRT、PDP等の自発光型のディスプレイと比較して、より明るい表示が可能であるという利点がある。すなわち、図11(a)に示すように、自発光型のディスプレイ35からの光36aは、周囲光37に対して進行方向が逆向きとなる。このため、光36aから周囲光37を差し引いた成分36bが、観察者に認識される。

【0099】これに対して、本実施形態の反射型LCDでは、照明モードで使用する場合、図11(b)に示すように、フロントライト20からの補助光39aと、周囲光37とが、液晶セル10の反射板（図示せず）にて反射され、補助光39aと周囲光37との和に相当する成分39bが、観察者に認識される。これにより、暗い場所だけでなく例えば日中の屋外のような明るい場所でも、より明るい表示が実現される。

50 【0100】〔実施の形態2〕本発明の実施に係る他の

形態について、主に図12ないし図15に基づいて説明すれば、以下のとおりである。なお、前記した実施の形態1で説明した構成と同様の機能を有する構成には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【0101】本実施形態に係る反射型LCDは、第2の導光体として、図12に示すように、前記した実施の形態1で説明した、導光体54からの光を散乱させる異方性散乱板51の代わりに、導光体54からの光を回折させるホログラム52を用いたことを特徴とする。

【0102】ホログラムは、光回折の原理に基づいて、光の反射・屈折を操作する効果を持つ上、1つのホログラムに複数種類の光学特性を持たせることが可能である。まず、一般的なホログラムの作成方法について、図13を参照しながら簡単に説明する。

【0103】図13に示すように、基体の表面に塗布した感光性ポリマー124へ、光源127から光を照射する。光源127からの照射光127aは、ビームスプリッター123にて2つの光127c・127dに分光される。光127cは物体128にて散乱され、物体光126として感光性ポリマー124へ入射する。光127dは、ミラー129にて反射され、参照光125として、所定の角度で感光性ポリマー124へ入射する。参照光125と物体光126との干渉により、感光性ポリマー124に、屈折率の高い層と屈折率の低い層とが、サブミクロンオーダーで形成され、ホログラムとなる。このように、書き込みの終わったホログラムに、参照光125が入射された方向から光を入射すると、物体光126として、書き込んだ像が再構築される。

【0104】光源127としては、コヒーレント光を発生するものとして、例えばレーザを用いる。光源127からの光の波長や強度等の諸条件を調整することにより、上記物体光126が、希望する出力光の方向および広がり角を実現するように、ホログラムを作成することができる。

【0105】以下、図14(a)ないし(d)を参照しながら、ホログラム52を備えたフロントライトシステム60を作成する方法について説明する。まず、図14(a)に示すように、基体としてのポリエステルフィルム69の表面に、感光性ポリマー64を塗布する。なお、この感光性ポリマー64としては、例えば、ポラロイド社製のフォトポリマー(商品名:DMP-128)を用いることができる。

【0106】次に、ポリエステルフィルム69において感光性ポリマー64を塗布した面の反対側の面に、前記実施の形態1で説明した導光体54を、図14(b)に示すように設置する。

【0107】そして、図14(c)に示すように、導光体54の入射面55に対向するように光源65を配置し、入射面55に対して参照光65aを照射する。これと同時に、導光体54の界面58の法線方向から10°

傾いた方向に光源66を配置して、感光性ポリマー64に対して物体光66aを照射する。この実施形態では、物体光66aを感光性ポリマー64の法線方向から10°傾いた角度から入射し、参照光65aを、導光体54によって導かれる光と同じ入射角で、第2の導光体51としての感光性ポリマー64へ入射させる。

【0108】このような参照光65aおよび物体光66aの照射を、R・G・Bの成分ごとに行うことにより、図14(d)に示すように、R・G・Bの成分にそれぞれ対応して、赤用ホログラム64R、緑用ホログラム64G、および青用ホログラム64Bが、層状に形成される。すなわち、ホログラム64R・64G・64Bがホログラム52となる。

【0109】さらに、導光体54の入射面55に対向するように、光源26としての蛍光管(三波長管)を配置し、入射面55および光源26を反射鏡27で覆うことにより、本実施形態のフロントライトシステム60が完成する。

【0110】以上の工程により、前方照明装置としてのフロントライトシステム60を備えた反射型LCDが完成する。この反射型LCDは、周囲光が不十分なときは、フロントライトシステム60を点灯した照明モードで使用し、十分な周囲光が得られるときは、フロントライトシステム60を消灯した反射モードで 사용할ことができる。これにより、周囲環境によらず常に安定した表示が可能な反射型LCDを提供できる。

【0111】ここで、フロントライトシステム60の照明光強度を測定した結果について説明する。なお、照明光強度の測定には、図9に示す測定系を用いた。測定の結果を図15に示す。図15から明らかなように、フロントライトシステム60は、第2の導光体としてのホログラム52を備えたことにより、導光体54からの出射光(ホログラム52への入射角が約70°)を、ほぼ垂直入射に近い光として液晶セル10へ照射することが可能である。また、図10と図15とを比較することから明らかなように、ホログラム52が、前記実施の形態1で用いた異方性散乱板51よりも、出力光を特定の出力範囲に精度よく制御できるという利点を持つことが分かる。

【0112】なお、上記では、感光性ポリマーを用いてホログラムを作成したが、同様の効果が得られるのであれば、これに限定されない。また、書き込み時の物体光の入射方向も、上述の方向に限定されるものではない。また、上記では、導光体54によって光源光がホログラム52へ導かれる方向と、参照光の入射方向とを一致させるために、参照光65aを導光体54の入射面55から入射させたが、この他に、同等の効果が得られるのであれば、例えば、事前に像の書き込みが終了したホログラム板を導光体54に接着する方法等を採用しても良い。

【0113】さらに、上記では、第1の導光体としての導光体54からの光を回折して液晶セル10へ垂直入射に近い方向で入射させるためにホログラムを用いた構成を説明したが、ホログラム以外に、回折格子等を用いることも可能である。

【0114】〔実施の形態3〕本発明の実施に係る他の形態について、図16ないし図19に基づいて説明すれば、以下のとおりである。なお、前記した各実施の形態で説明した構成と同様の機能を有する構成には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【0115】本実施形態に係る反射型LCDは、図16に示すように、実施の形態1のフロントライトシステム50の代わりに、光源26と入射面55との間に、光源26からの光の広がり角を制限するために、拡散板82およびプリズムシート81をさらに含んだ構成のフロントライトシステム70を備えたことを特徴とする。

【0116】光源26として一般的に用いられる蛍光管からの出力光は、特に指向性を持つわけでもなくランダムに発生する。このため、導光体54の界面53から観察者側への漏れ光も存在し、表示品位の低下を招くおそれがある。

【0117】導光体54をPMMAで形成した場合、PMMAの屈折率が約1.5であることから、界面53の臨界角 $\theta_c$ は約42°である。従って、界面53への入射角が42°以下となると、上記の漏れ光が発生する。この漏れ光を防止するためには、漏れ光成分となる光が導光体54へ入射しないようにすれば良い。

【0118】ここで、図17に示すように、界面58に対する界面53の傾斜角を $\alpha$ 、入射面55から入射する光の広がり角を $\pm\beta$ とすると、この光の界面53への入射角 $\theta$ は、

$$\theta = 90^\circ - \alpha - \beta$$

で表される。

【0119】従って、入射面55から界面53へ入射した光が界面53を透過しないための条件は、

$$\theta_c < \theta = 90^\circ - \alpha - \beta$$

すなわち、

$$\beta < 90^\circ - (\theta_c + \alpha) \cdots (式2)$$

で表される。

【0120】なお、この実施形態では、前述のように、界面58に対する界面53の傾斜角 $\alpha$ が4.8°であり、臨界角 $\theta_c$ が42°であることから、上記の式2に基づいて、 $\beta < 43.2^\circ$ が導かれる。

【0121】光源26からの出力光は、拡散板82で一旦拡散されてプリズムシート81へ入射する。本実施形態では、プリズムシート81のプリズムの頂角は100°とする。プリズムシート81は、拡散光を特定の角度範囲に集光する機能を有し、プリズムの頂角が100°の場合、図18に示すように、約 $\pm 40^\circ$ の角度範囲内に拡散光を集光させる。約 $\pm 40^\circ$ の角度範囲に集光さ

れた光は、導光体54へ入射するときに、入射面55での屈折によってさらに集光されることにより、約 $\pm 25.4^\circ$ の範囲の広がり角となる。すなわち、入射面55から入射する光の広がり角は、上記の $\beta < 43.2^\circ$ の範囲に十分に収まり、界面53から観察者方向への漏れ光が生じないことが分かる。

【0122】以上のように、本実施形態に係る反射型LCDは、光源光の広がり角を抑制するために、光源26と導光体54の入射面55との間に拡散板82およびプリズムシート81を設置したことにより、界面53からの漏れ光がなくなり、表示品位がさらに向上される。

【0123】なお、本実施形態では、光源光の広がり角を制限する光制御手段としてプリズムシート81を用いたが、同様の効果が得られるのであればこれに限定されず、例えばコリメータ等を用いても良い。また、図19(a)に示すように、光源26の周囲を楕円体ミラー98で覆い、この楕円体ミラー98の焦点に光源26を設置した構成によっても同様の効果が得られる。さらに、SID DIGEST P.375(1995)に記載されているように、図19(b)に示すライトパイプ99を用いて、光源26からの照射光の広がり角を制御しても良い。

【0124】上記した各実施の形態は本発明を限定するものではなく、発明の範囲で種々の変更が可能である。例えば、フロントライトの導光体の材料として、具体的にPMMAを例示したが、均一に減衰無く導光でき、屈折率が適当な値であれば、例えばガラス、ポリカーボネイト、ポリ塩化ビニル、またはポリエステル等の材料を用いても構わない。

【0125】さらに、液晶セルとしては、単純マトリクス型LCD、アクティブマトリクス型LCD等の種々のLCDを用いることができる。また、上記では、偏光子と検光子とを兼ねた偏光板を一枚使用したECBモード（単偏光板モード）の液晶セルを使用した。その他に、偏光板を使用しないPDLCやPC-GH等を適用しても良い。

【0126】

【発明の効果】以上のように、請求項1記載の前方照明装置は、導光体が、光源からの光を入射する入射面を備えた第1の導光体と、被照明物へ光を出射する出射面を備えた第2の導光体とを含み、上記第1の導光体が、入射面から入射した光を第2の導光体へ導き、上記第2の導光体が、第1の導光体から導かれた光を透過させつつ、上記第1の出射面からの出射光に比べ、第1の出射面の法線方向に近い方向に光を出射する第2の導光体をさらに備えた構成である。

【0127】これにより、被照明物へ照射した光の反射光が前方照明装置に戻り易くなるので、前方照明装置に対して被照明物の反対側に位置する観察者に到達する反射光の量が多くなる。この結果、光源光の利用効率が向上し、明るい前方照明装置を提供できるという効果を奏

する。また、反射モード（前方照明装置を使用しない場合）において観察者が表示確認を行う視角範囲と、前方照明装置を用いた場合の観察者の視角範囲とが、おおむね一致するという利点もある。

【0128】請求項2記載の前方照明装置は、第2の導光体が、光を散乱させる光散乱体である構成である。

【0129】これにより、前方照明装置からの光の出射方向を、出射面の法線方向に近づけることができると共に、散乱光によって被照明物をむらなく照明することができる。この結果、光源光を無駄なく照明に利用することができ、より明るく、むらのない鮮明な被照明物像を実現する前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0130】請求項3記載の前方照明装置は、光散乱体が前方散乱体である構成である。

【0131】これにより、第1の導光体から入射した光の後方散乱がなくなるので、光の利用効率がさらに向上すると共に、後方散乱光によって被照明物の像が劣化することが防止される。この結果、明るく、且つ、被照明物の鮮明な像を実現する前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0132】請求項4記載の前方照明装置は、光散乱体が、所定の角度範囲から入射した光のみを散乱する異方性散乱体であり、第1の導光体からの出射光が第2の導光体へ入射する角度範囲の少なくとも一部が、上記所定の角度範囲に含まれる構成である。

【0133】これにより、不要な散乱光によって被照明物の像が劣化することが防止されると共に、第1の導光体からの出射光を無駄なく利用することができ、光の利用効率がさらに向上する。この結果、明るく、且つ、被照明物の鮮明な像を実現する前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0134】請求項5記載の前方照明装置は、第2の導光体が、光を回折させる回折素子である構成である。

【0135】これにより、前方照明装置からの光の出射方向を、出射面の法線方向に近づけることができる。この結果、光源光を無駄なく照明に利用することができ、より明るく、むらのない鮮明な被照明物像を実現する前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0136】請求項6記載の前方照明装置は、回折素子が、所定の角度範囲から入射した光のみを回折し、導光体からの出射光が回折素子へ入射する角度範囲の少なくとも一部が、上記所定の角度範囲に含まれる構成である。

【0137】これにより、不要な回折光によって被照明物の像が劣化することが防止されると共に、第1の導光体からの出射光を無駄なく利用することができ、光の利用効率がさらに向上する。この結果、明るく、且つ、被照明物の鮮明な像を実現する前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0138】請求項7記載の前方照明装置は、上記回折素子がホログラムであることを特徴とする。

【0139】ホログラムは、異方性散乱板等と比較して、出力光を特定の角度範囲に精度よく制御することが容易であるので、第1の導光体からの光の出射方向を、所望の角度範囲に精度良く制御することができる。この結果、指向性の優れた前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0140】請求項8記載の前方照明装置は、光源と入射面との間に、光源からの光の広がり制限する光制御手段をさらに備えた構成である。

【0141】これにより、導光体外部への漏れ光が少なくなり、光の利用効率がさらに向上すると共に、被照明物の像のにじみやボケが防止される。この結果、明るく且つ鮮明な被照明物像を実現する前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0142】請求項9記載の前方照明装置は、第1の導光体と第2の導光体との間に、これらの導光体の間に存在する光学的界面での屈折率差を緩和する充填剤が満たされている構成である。

【0143】これにより、第1の導光体と第2の導光体との間に存在する光学的界面での反射による光の減衰が抑制される。この結果、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい前方照明装置が実現できるという効果を奏する。

【0144】請求項10記載の前方照明装置は、光源からの光を、第1の導光体の入射面のみへ集光する集光手段をさらに備えた構成である。

【0145】これにより、光源光の損失をさらに少なくできるので、光源光の利用効率がさらに向上すると共に、意図しない方向から第2の導光体等へ入射する光を少なくすることができる。この結果、迷光の発生が防止され、明るく且つ鮮明な被照明物像を実現する前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0146】請求項11記載の前方照明装置は、導光体が、光源から光を入射する入射面と、被照明物へ向けて光を出射する第1の出射面と、上記第1の出射面に対向する第2の出射面とを含む多面体であり、上記第1および第2の出射面が、入射面から遠ざかるほど間隔が狭くなるように配置されている構成である。

【0147】これにより、第1の出射面に平行に入射した成分をも照射光として利用することが可能となるので、第1および第2の出射面が互いに平行に配置された構成と比較して、光源光の利用効率が向上する。この結果、明るい前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0148】請求項12記載の前方照明装置は、第1の出射面に対する第2の出射面の傾斜角を $\alpha$ 、第2の出射面の臨界角を $\theta_c$ とすると、下記の不等式が満たされる構成である。

【0149】 $\alpha \leq 90^\circ - \theta_c$

これにより、第2の出射面から観察者側へ漏れる光をなくすることができる。この結果、明るく、且つ鮮明な被照明物像を実現する前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0150】請求項13記載の前方照明装置は、第1の出射面に対する第2の出射面の傾斜角が $40^\circ$ 以下に形成された構成である。

【0151】これにより、第2の出射面から観察者側へ漏れる光をなくすることができる。この結果、明るく、且つ鮮明な被照明物像を実現する前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0152】請求項14記載の前方照明装置は、光源と入射面との間に、光源からの光の広がり制限する光制御手段をさらに備えた構成である。

【0153】これにより、第2の出射面からの漏れ光が少なくなるので、光の利用効率がさらに向上すると共に、被照明物の像のにじみやボケが防止される。この結果、明るく且つ鮮明な被照明物像を実現する前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0154】請求項15記載の前方照明装置は、光源からの光を、導光体の入射面のみへ集光する集光手段をさらに備えた構成である。

【0155】これにより、光源光の損失をさらに少なくできるので、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい前方照明装置が実現できるという効果を奏する。

【0156】請求項16記載の前方照明装置は、上記導光体を第1の導光体とすると、上記第1の導光体の第1の出射面の外側に、上記第1の出射面からの出射光を透過させつつ、上記第1の出射面からの出射光に比べ、第1の出射面の法線方向に近い方向に光を出射する第2の導光体をさらに備えた構成である。

【0157】これにより、被照明物へ照射した光の反射光が前方照明装置に戻り易くなるので、前方照明装置に対して被照明物の反対側に位置する観察者に到達する反射光の量が多くなる。この結果、光源光の利用効率が向上し、明るい前方照明装置を提供できるという効果を奏する。また、反射モード（前方照明装置を使用しない場合）において観察者が表示確認を行う視角範囲と、前方照明装置を用いた場合の観察者の視角範囲とが、おおむね一致するという利点もある。

【0158】請求項17記載の反射型液晶表示装置は、反射板を有する反射型液晶素子を備えると共に、上記反射型液晶素子の前面に請求項1記載の前方照明装置が配置された構成である。

【0159】これにより、十分な周囲光量がある場合には前方照明装置を消灯した状態で使用する一方、十分な周囲光量が得られないときには前方照明装置を点灯して使用することができる。この結果、周囲環境に関わらず、常に明るくむらのない高品位な表示を実現し得る反

射型液晶表示装置を提供できるという効果を奏する。

【0160】請求項18記載の反射型液晶表示装置は、反射板を有する反射型液晶素子を備えると共に、上記反射型液晶素子の前面に請求項11記載の前方照明装置が配置された構成である。

【0161】これにより、十分な周囲光量がある場合には前方照明装置を消灯した状態で使用する一方、十分な周囲光量が得られないときには前方照明装置を点灯して使用することができる。この結果、周囲環境に関わらず、常に明るく高品位な表示を実現し得る反射型液晶表示装置を提供できるという効果を奏する。

【0162】請求項19記載の反射型液晶表示装置は、第1の出射面に対する第2の出射面の傾斜角が $10^\circ$ 以下に形成された構成である。

【0163】これにより、前方照明装置を消灯した状態で用いる場合に、周囲光を有効に利用できると共に、被照明物からの反射光の出射方向を反射型液晶表示装置の正面方向に近づけることができる。この結果、明るく高品位な表示を実現し得る反射型液晶表示装置を提供できるという効果を奏する。

【0164】請求項20記載の反射型液晶表示装置は、反射板を有する反射型液晶素子を備えると共に、上記反射型液晶素子の前面に請求項16記載の前方照明装置が配置された構成である。

【0165】これにより、十分な周囲光量がある場合には前方照明装置を消灯した状態で使用する一方、十分な周囲光量が得られないときには前方照明装置を点灯して使用することができる。この結果、周囲環境に関わらず、常に明るくむらのない高品位な表示を実現し得る反射型液晶表示装置を提供できるという効果を奏する。

【0166】請求項21記載の反射型液晶表示装置は、反射型液晶素子と前方照明装置との間に、上記反射型液晶素子と前方照明装置との間に存在する光学的界面での屈折率差を緩和する充填剤が満たされた構成である。

【0167】これにより、反射型液晶素子と前方照明装置との間に空気層が存在する場合と比較して、反射型液晶素子と前方照明装置との間に存在する光学的界面での反射による光の減衰が抑制される。この結果、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい表示が可能な反射型液晶表示装置を提供できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態に係る反射型LCDの構成を示す断面図である。

【図2】図1に示す反射型LCDが備えるフロントライトシステムの導光体における光の挙動を示す説明図である。

【図3】周囲光が液晶セル単体へ入射した場合の光の挙動を示す説明図である。

【図4】図1に示す反射型LCDを反射モードで使用する場合の、この反射型LCDへ入射した周囲光の挙動を

示す説明図である。

【図5】図1に示す反射型LCDが備えるフロントライトシステムとの比較のために、導光体へ入射した周囲光が迷光となる場合を示す説明図である。

【図6】図1に示す反射型LCDを反射モードで使用した場合の、傾斜角 $\alpha$ に応じて周囲光の入射角（反射板の法線に対してなす角度） $\theta_3$ と出射角 $\theta_{11}$ （反射板の法線に対してなす角度）とが変化する様子を示すグラフである。

【図7】図1に示す反射型LCDにおける光の挙動を示す説明図である。

【図8】図1に示す反射型LCDにおける、第1の導光体から第2の導光体への光の入射範囲を示す説明図である。

【図9】図1に示す反射型LCDが備えるフロントライトの照明光強度を測定するために用いた測定系を示す説明図である。

【図10】図1に示す反射型LCDが備えるフロントライトシステムの照明光強度を示すグラフである。

【図11】同図(a)は、発光型ディスプレイからの出射光と周囲光との関係を示す模式図であり、同図(b)は、上記反射型LCDからの出射光と周囲光との関係を示す模式図である。

【図12】本発明の実施の他の形態に係る反射型LCDの構成を示す断面図である。

【図13】一般的なホログラムの作成方法を示す説明図である。

【図14】同図(a)ないし(d)は、図12に示す反射型LCDが備えるフロントライトシステムの製造工程の主要部を示す説明図である。

【図15】図12に示す反射型LCDが備えるフロントライトシステムの照明光強度を示すグラフである。

【図16】本発明の実施に係るさらに他の形態としての反射型LCDの構成を示す断面図である。

【図17】図16に示す反射型LCDにおいて、導光体へ入射した後の光の挙動を示す説明図である。

【図18】図16に示す反射型LCDが備えるプリズムシートの集光特性を示すグラフである。

【図19】同図(a)および(b)は、入射光の広がりを制限するために、図16に示した拡散板およびプリズムシートの代わりに適用できる他の構成例を示す説明図である。

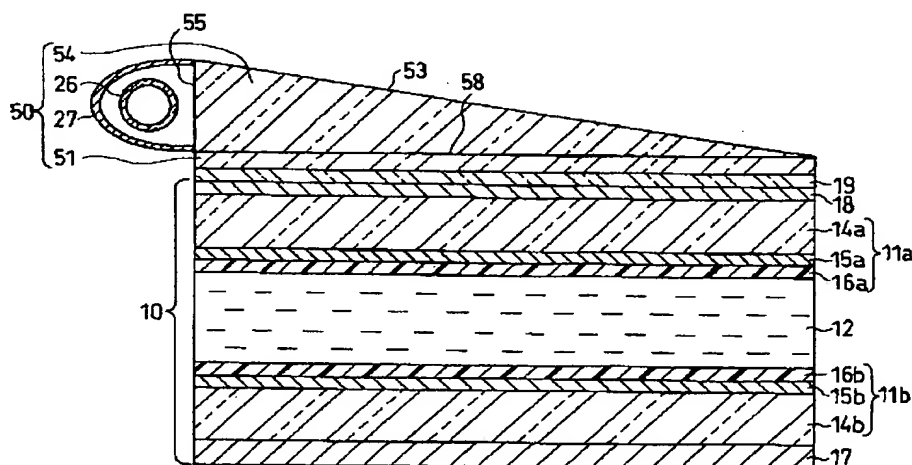
【図20】従来の補助照明付き反射型LCDの概略構成と共に、この反射型LCDにおける光の挙動を示す説明図である。

【図21】上記従来の反射型LCDにおける光の挙動を示す説明図である。

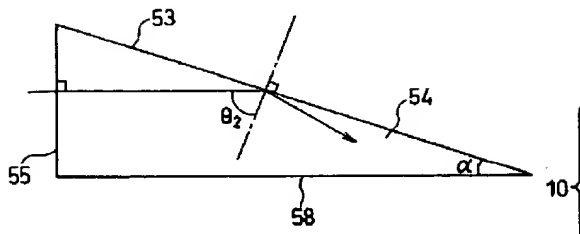
#### 【符号の説明】

- 10 液晶セル（反射型液晶素子）
- 12 液晶層
- 17 反射板
- 18 偏光板
- 19 充填剤
- 27 反射鏡（集光手段）
- 50 フロントライトシステム（前方照明装置）
- 53 界面（第2の出射面）
- 58 界面（第1の出射面）
- 54 導光体（第1の導光体）
- 51 異方性散乱板（第2の導光体・光散乱体・前方散乱体・異方性散乱体）
- 52 ホログラム（第2の導光体・回折素子）
- 81 プリズムシート（光制御手段）
- 82 拡散板（光制御手段）

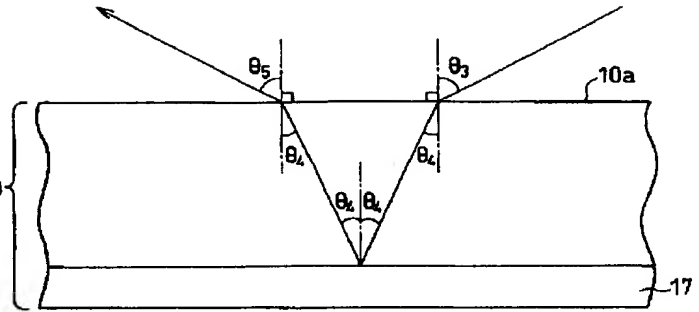
【図1】



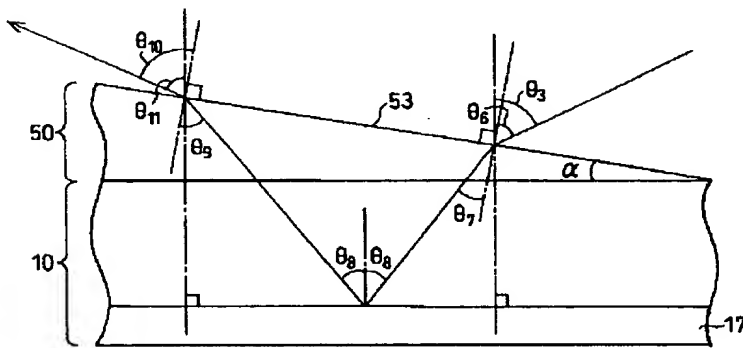
【図 2】



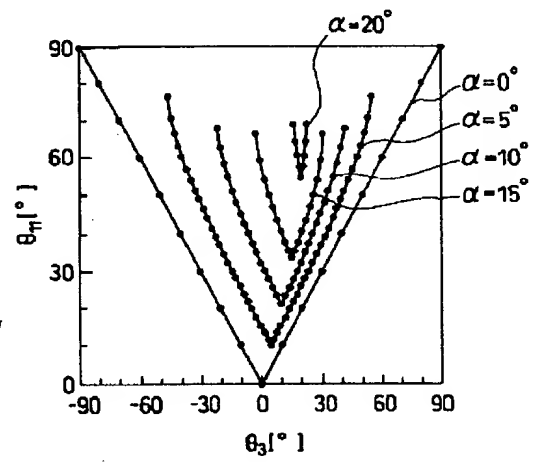
【図 3】



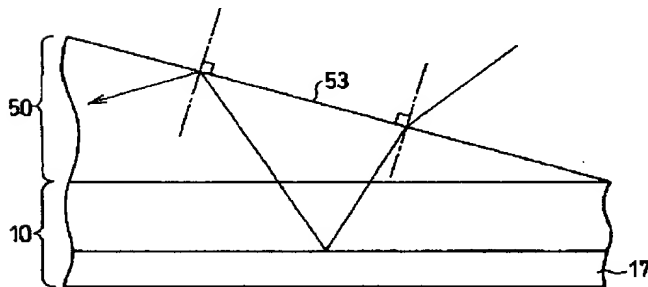
【図 4】



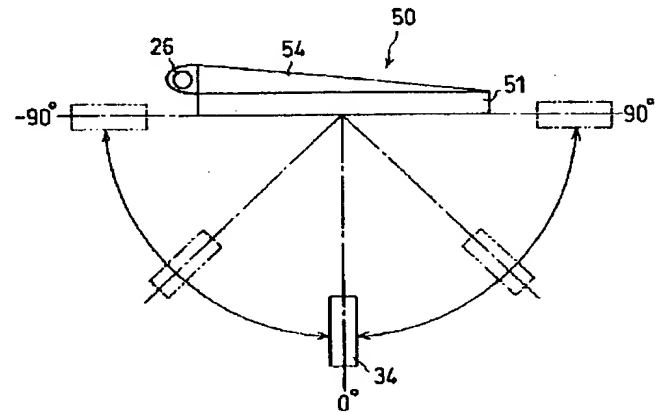
【図 6】



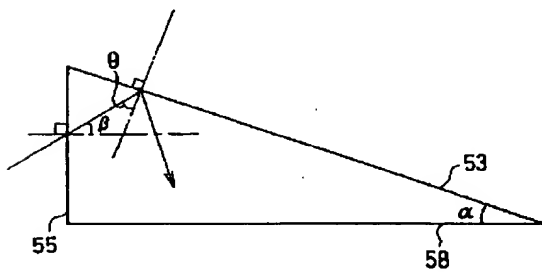
【図 5】



【図 9】

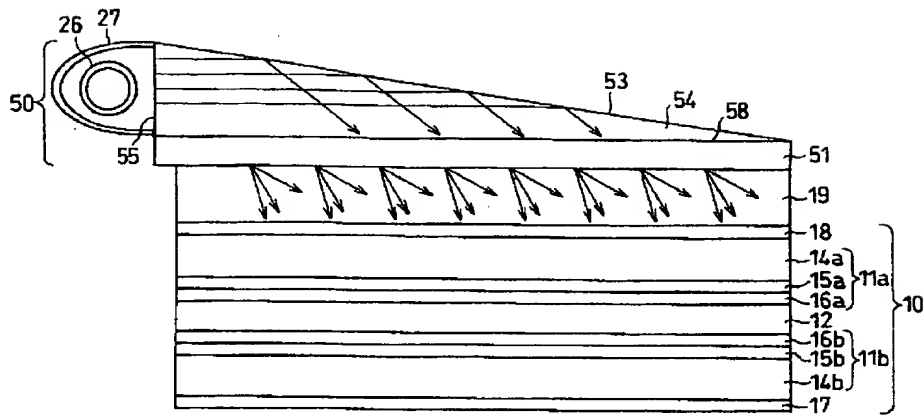


【図 17】

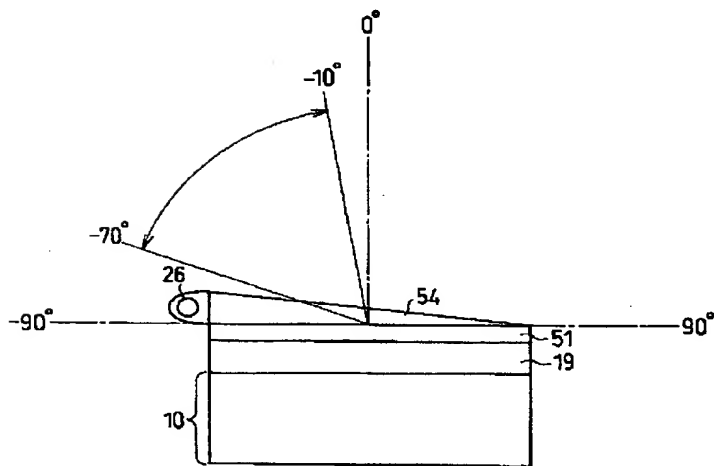




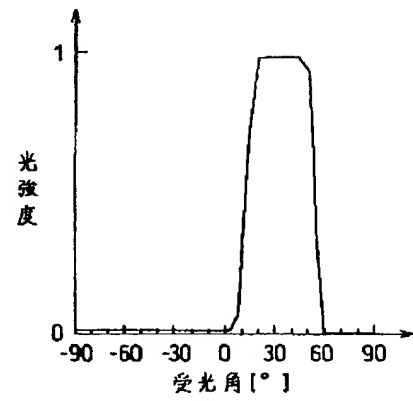
【図7】



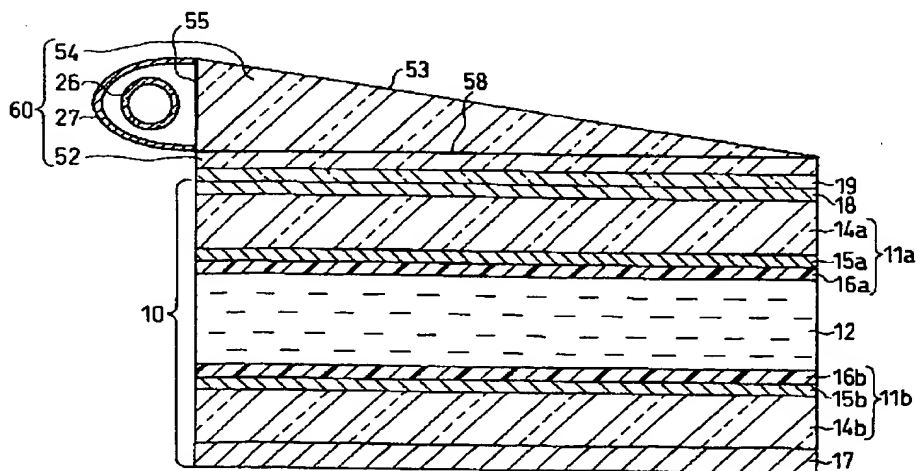
【図8】



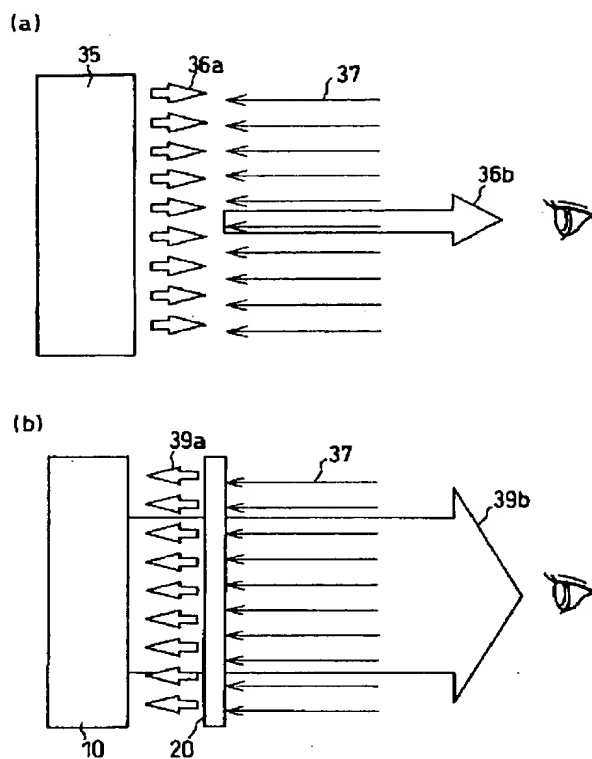
【図10】



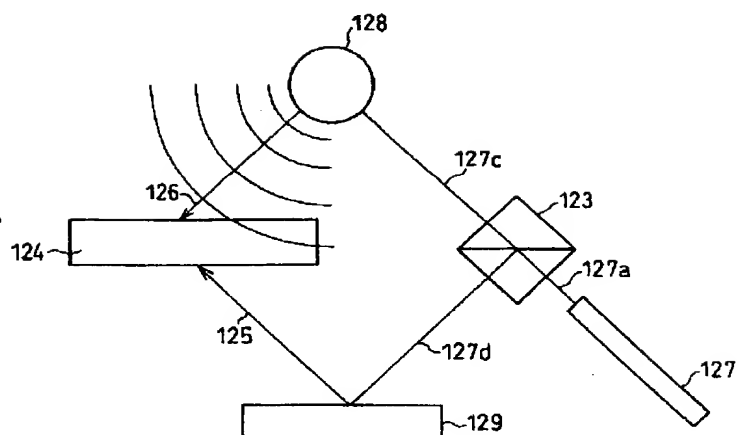
【図12】



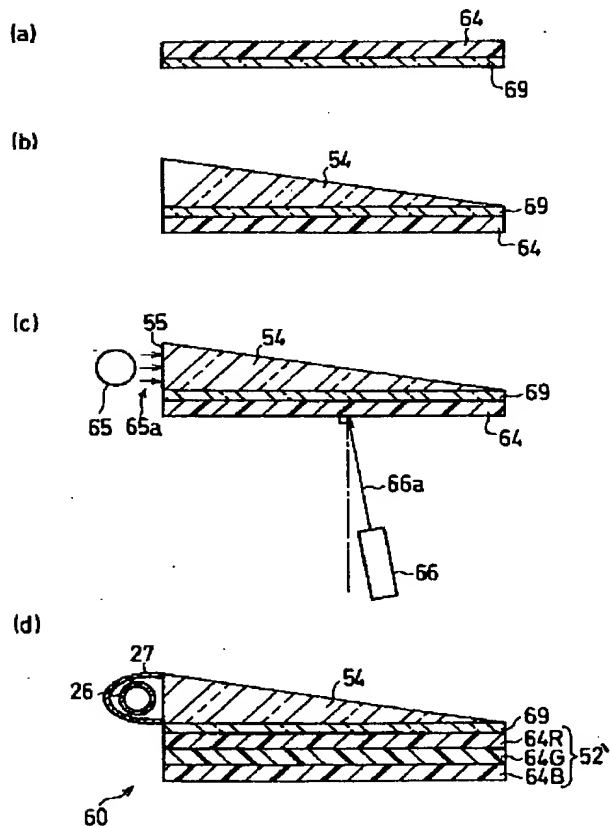
【図 11】



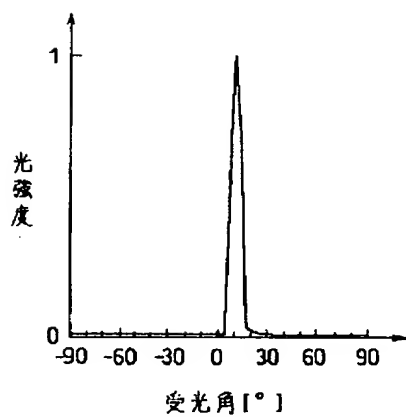
【図 13】



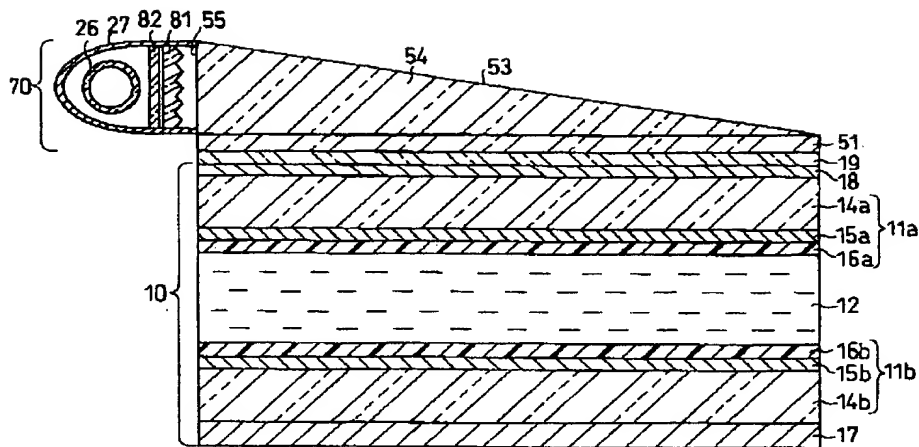
【図 14】



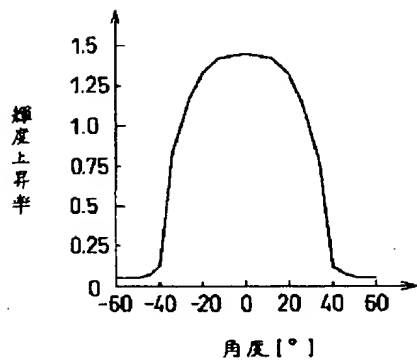
【図 15】



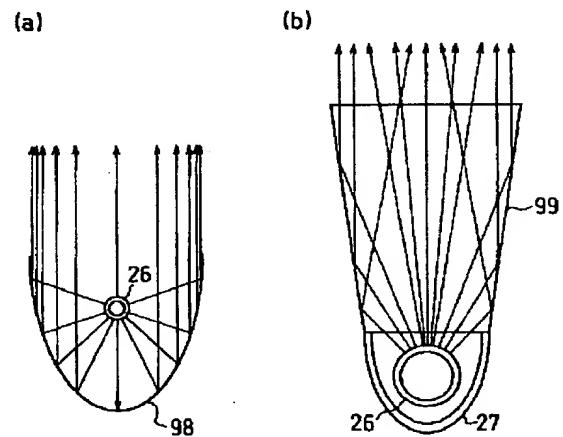
【図16】



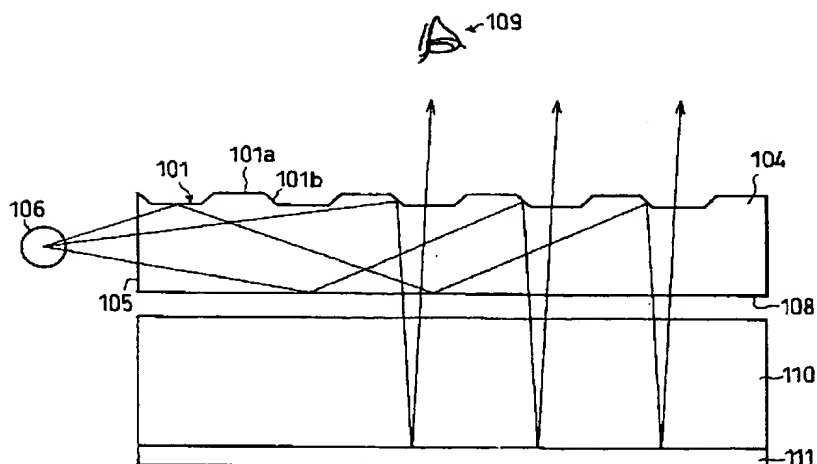
【図18】



【図19】



【図20】



【図21】

